

Eckhart Springborn

1959







Aus der Hals-Nasen-Ohrenklinik der  
Johannes Gutenberg-Universität zu Mainz  
(Direktor: Prof. Dr. H. Leicher)

---

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS RICHTUNGSHÖREN AUFGRUND  
EXPERIMENTELLER LAUFZEITDIFFERENZEN IN  
DEN VERSCHIEDENEN LEBENSALTERN

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

ECKHART SPRINGBORN

aus Mainz

Mainz

1960

Dekan: Prof. Dr. H. Leicher  
Referent: Privatdozent Dr. J. Matzker  
Korreferent: Prof. Dr. H. Leicher  
Tag der mündlichen Prüfung: 16.12.1959

Datum des Diploms 16. Dez. 1959



GESAMTHERSTELLUNG  
DITTERS BÜRODIENST, MAINZ, Augustinerstraße 64-66

MEINEM VERSTORBENEN VATER  
DR. MED. A. SPRINGBORN  
IN VEREHRUNG  
GEWIDMET



## INHALTSVERZEICHNIS

1. Kurze Übersicht über die einzelnen Theorien des Richtungshörens
2. Eigene Untersuchungen
  - a. Apparatur und Methode
  - b. Ergebnisse
  - c. Diskussion
3. Zusammenfassung
4. Schrifttum



Der gesunde, normalhörende Mensch ist in der Lage, die Richtung, aus der ein Schallreiz auf ihn zukommt, mit einer erstaunlichen Genauigkeit zu bestimmen. Dieser stereophonische Effekt, der etwa dem des stereoskopischen Sehens entspricht, erfordert beide Ohren; damit soll aber nicht gesagt sein, daß ein monaurales Richtungshören eine Unmöglichkeit darstelle. Eine monaurale Richtungswahrnehmung kommt nur dann zustande, wenn die Frequenz eines Schalles, die wir als Tonhöhe, oder die Intensität, die wir als Lautheit empfinden, stark variiert wird. Auf jeden Fall jedoch ist ein binaurales Richtungshören unvergleichlich genauer als ein monaurales, wie Versuche mit einseitig Tauben zeigen. Es müssen also ganz geringe Differenzen zwischen den beiden Schallbildern beim binauralen Hören in Richtungseindrücke umgewandelt werden; auf dieser Erkenntnis fußen die drei wichtigsten Theorien der Schallrichtungswahrnehmung: die Zeitdifferenztheorie, die Intensitätsdifferenztheorie und die Klangfarbentheorie. Dazu kommt noch die als widerlegt anzusehende Vestibulartheorie, die in letzter Zeit erneut besonders von Kraus vertreten wird.

Während bis zum Jahre 1920 allgemein die Intensitätsdifferenztheorie vorherrschte, setzte sich danach die von v. Hornbostel und Wertheimer begründete Zeitdifferenztheorie durch. In den vierziger Jahren war sie in Deutschland allgemein anerkannt und wurde von Forschern wie Waetzmann, Gildemeister, E. Meyer, Monje, v. Békésy, Langenbeck und anderen befürwortet. Deutschsprachige Lehrbücher der Physiologie (Rein, Höber, Tigerstedt und Bethe-Bergmann) vertraten die gleiche Ansicht, und es galt als Ausnahme, wenn in einem Lehrbuch, wie etwa im Landois-Rodemann, überhaupt noch eine andere Theorie erwähnt wurde. Allerdings war sich die ausländische Literatur um diese Zeit in ihrer Auffassung zu der Frage des Richtungshörens noch nicht darin einig, ob Intensitäts-, Phasen- oder Zeitunterschiede als wirksames Moment anzusehen seien. Stefanini, v. Hartley, Frey, Trimble und andere lehnten die Zeitdifferenztheorie gänzlich ab; Tucker, der sich auf das Studium der ausländischen Literatur beschränkte, führte die Zeitdifferenztheorie zu Unrecht auf Boring zurück. Heute neigt man im allgemeinen zu der Auffassung, daß der Fähigkeit des Richtungshörens ein sehr komplexer Mechanismus zu Grunde liegt, der verschiedene Funktionen umfaßt, daß

dabei aber die Fähigkeit unseres Zentralorgans, feinste Zeitunterschiede zwischen den Erregungen von rechts und links zu registrieren und in einen Richtungseindruck umzuwandeln, am wichtigsten für die Schalllokalisation ist ( Christian und Röser, Matzker).

Die von der Zeitdifferenztheorie abgelöste Intensitätsdifferenztheorie wurde um die Mitte der zwanziger Jahre von Kreidl und Gatscher wieder aufgegriffen. Diese Autoren sagten folgendes: Bei vielen von ihnen durchgeführten Versuchen lokalisierte auch ein in der Hörfähigkeit geschwächtes Ohr gut, wenn es ein Stellungsoptimum innehatte. Dadurch wollten sie bewiesen haben, daß die Lokalisation auch lediglich durch größere Intensität möglich sei. Ebenso fanden Upton und Morgan, daß sich, wenn man die Intensität im Kopfhörer ändert, auch die scheinbare Schallrichtung ändert. Halverson und M. Henry, Lebrusse, Perot und Stefanini bestätigten diese Feststellung. In neuerer Zeit meinte auch Schwarzkopf auf Grund seiner Versuche an Singvögeln, daß blosse Intensitätsdifferenzen schon die Lokalisationsleistungen erklären können. Christian und Röser folgerten jedoch aus ihren Versuchen, daß die Intensitätsdifferenz auf das Richtungshören von Geräuschen keinen Einfluß unter natürlichen Verhältnissen habe. Sie konnten feststellen, wie auch die Engelmann'schen Versuche zeigen, daß für einen Seiteneindruck mindestens 15-20 db Intensitätsunterschied erforderlich sind; normalerweise liegen aber weit geringere Unterschiede vor.

Die Klangfarbendifferenztheorie ist nach Christian und Röser stets nur eine Hilfstheorie geblieben. Sie wurde besonders von Brunzlow vertreten. Er fand nach sehr eingehenden Versuchen, daß es hauptsächlich Klangfarbenunterschiede seien, die das monotische Richtungshören ermöglichen, und er übertrug diese, für das monotische Hören wohl zutreffenden Anschauungen auch auf das diotische Hören. Dagegen belegten Christian und Röser in ihren Experimenten, daß Änderungen der Klangfarbe keinen Einfluß auf das Richtungshören haben.

Die vestibulären Theorien sind wohl die ältesten Theorien der Schallrichtungswahrnehmung. Schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts haben Autenrieth und Kerner diese Theorien aufgestellt, allerdings zu einer Zeit, da man sich über die tatsächliche Funktion der Bogengänge noch nicht im Klaren war. Auch Forscher wie W. Preyers, Alt, Münsterberg, Frey, Rauch, Friedemann und andere versuchten, von dieser Seite aus das Problem zu lösen. Mit Aufkommen akustischer Theorien verloren die vestibulären Theorien allerdings an Bedeutung, bis sie in der Mitte der dreißiger Jahre wieder von

Tullio belebt wurden. Tullio konnte nach Anlage von Bogengangsfisteln durch Schallreize einen Nystagmus auslösen und glaubte, damit nachgewiesen zu haben, daß das Bogengangssystem etwas mit dem Hören zu tun haben müßte. V. Békésy und Newman wollten auch bei Menschen mit Fistelsymptomen dieselben Beobachtungen gemacht haben. In der neueren Zeit werden diese Theorien hauptsächlich von Kraus vertreten. Im allgemeinen ist man heute aber der Ansicht, daß das Mitwirken des Vestibularorgans beim Richtungshören nur im Sinne Güttichs zu deuten sei, also einer "engen reflektorischen Zusammenarbeit von Ohr, Bogengangssystem und Auge". Nach der von v. Hornbostel und Werheimer im Jahre 1920 aufgestellten Zeitdifferenztheorie beruht die Wahrnehmung der Schallrichtung auf der Fähigkeit des Hörorgans, "kleinste Zeitdifferenzen räumlich auszudeuten" (Höber). Die Zeitdifferenztheorie ist verständlicherweise aber nur eine Theorie der reinen Schallrichtungswahrnehmung. Sie ist somit auf keinen Fall in der Lage, eine Erklärung der Entfernungswahrnehmung zu geben und umfaßt also demnach auch nur einen Teil des räumlichen Hörens. In den später in dieser Arbeit beschriebenen Versuchen ist auch nur dieser Teil des räumlichen Hörens berücksichtigt worden. Weiterhin ist es verständlich, daß die Zeitdifferenztheorie auch keine Erklärung für das Vorn-Hinten- und Oben-Unten-Hören zu geben vermag. Christian und Röser sind der Ansicht, daß für diese Sonderformen der Schalllokalisation in der Medianebene des Kopfes nur das monaurale Richtungshören maßgeblich sein kann, daß also hier die Wahrnehmung verschiedener Klangbilder verwertet wird. Kietz, Meyer zum Gottesberge und Klensch haben hierzu eine größere Anzahl eindrucksvoller Versuche gemacht. Besonders nach Meyer zum Gottesberge, der sich an die Experimente von Brunzlow anlehnte, kann man es als fast sicher annehmen, daß die Unterscheidung vorn-hinten sich des durch Schädel und Ohrmuscheln hervorgerufenen Schallschattens bedient, der die verschiedenen Klangbilder verursacht. Bei der Unterscheidung oben-unten spielt wohl, wie auch Klensch meinte, die reine Erfahrung eine große Rolle.

Als eine Abart der Zeitdifferenztheorie kann man die von Lord Rayleigh begründete Phasendifferenztheorie bezeichnen. Nach v. Hornbostel kann die Phasendifferenz ihrer Natur nach nur beim Hören reiner Töne eine Rolle spielen. Diese Theorie kann also nur eine Erklärung für etwas biologisch gänzlich Belangloses geben. Verständlicherweise trifft ein reiner Ton meist mit verschiedenen Schwingungsphasen an beiden Ohren ein; die Phasenverschiebung ist aber abhängig von der Frequenz, und damit ist sie wiederum nur

ein besonders umständlicher Ausdruck für ein Zeitmaß, genauer gesagt für die Zeitdifferenz des Eintreffens.

Die Grundlagen der v. Hornbostel und Wertheimer'schen Zeitdifferenztheorie seien kurz skizziert: Fällt ein Schall - gleich ob Ton, Klang oder Geräusch - in beide Ohren ein, so kommt der Reiz an dem der Schallquelle zugewandtem Ohr etwas früher an als an dem abgewandten Ohr. Bildet nun die Schalleinfallrichtung mit der Medianebene, die senkrecht zur Verbindungslinie beider Ohren steht, den Winkel  $\alpha$ , so ist die Zeitdifferenz gleich dem Ohrenabstand mal dem Sinus des Winkels  $\alpha$  dividiert durch die Schallgeschwindigkeit. Der funktionell wirksame Ohrenabstand wurde in zahllosen Versuchen von vielen Forschern mit 21 cm bestimmt. V. Hornbostel bezeichnete diesen Abstand als Konstante  $k$ , und diese Konstante wurde dann von späteren Untersuchern als Hornbostel-Wertheimer'sche Konstante bezeichnet. Heute ist man jedoch im allgemeinen der Ansicht, daß man diesen Wert nicht als eine mathematisch-physikalisch konstante Größe betrachten darf, sondern lediglich als einen mittleren Richtwert, bei dem man immer mit biologischen Abweichungen rechnen muß. So wurden damals auf Grund dieser neuen Theorie als erkennbare Zeitdifferenzen Werte gefunden, die zwischen  $30 \times 10^{-6}$  sec (Schwelle) und  $630 \times 10^{-6}$  sec (Konstante) lagen. Wurden nun die im Experiment künstlich erzeugten Zeitdifferenzen sukzessiv verändert (vergrößert), so blieb zunächst noch ein reiner Seiteneindruck unverändert erhalten; erst beim Überschreiten des ungefähr doppelten Wertes der v. Hornbostel-Wertheimer'schen Konstante wurden die beiden Schalle zeitlich nacheinander wahrgenommen, womit dann keinerlei Richtungseindruck mehr möglich war. Aus den von v. Békésy im Jahre 1933 angestellten Versuchen geht hervor, daß bei einer Zeitdifferenz von  $13 \times 10^{-4}$  sec von den meisten untersuchten Personen kein Richtungseindruck mehr wahrgenommen werden konnte, sondern daß die Töne nacheinander gehört wurden.

In den Jahren, als die Zeitdifferenztheorie aufkam, war es das Überraschendste an ihr, daß sie mit Größenordnungen rechnete, wie sie damals in der Physiologie des ZNS noch nicht bekannt waren. Deshalb zweifelten besonders Kreidl und Gatscher damals an einem solchen Effekt dieser kleinsten Zeitdifferenzen. Sie versuchten, einen Gegenbeweis durch die Bestimmung der binauralen Zeitschwelle anzutreten. Unter der binauralen Zeitschwelle versteht man das Zeitintervall, innerhalb dessen zwei Schalleindrücke, von denen je einer ein Ohr trifft, eben noch als getrennt empfunden werden. Diese binaurale Zeitschwelle liegt nach Kreidl und Gatscher bei 0,03 sec

für Geräusche und 0,017 sec für Töne. ( Matzker hat sie für die verschiedenen Frequenzen genauer untersucht und dabei gefunden, daß sie bei etwa 300 Hz am geringsten ist, um bei niedrigeren und höheren Tönen deutlich anzusteigen. ) Weil diese Zeiten viel größer sind, als die, mit denen die Zeitdifferenztheorie rechnet, wiesen Kreidl und Gatscher die letztere zurück. Nach Meyer zum Gottesberge begingen sie dabei aber einen logischen Irrtum, indem sie annahmen, daß die binaurale Zeitschwelle und die bei der Schallrichtungsbestimmung wirksamen Zeitunterschiede in ihrer Größenordnung einander entsprechen müßten, während sie sich im Gegenteil ja einander ausschließen. Ein Zeitunterschied, den man noch als getrennt empfindet, kann und darf keinen Richtungseindruck vermitteln und umgekehrt. Christian und Röser stellten in ihren Versuchen zur Nachprüfung der Ergebnisse von v. Hornbostel und Wertheimer fest, daß für die Richtungsunterscheidung links-rechts im Wesentlichen die Zeitdifferenzen eine Rolle spielen, und sie traten damit nachdrücklich für die Zeitdifferenztheorie ein.

Man kann heute nach den neuesten Untersuchungen annehmen, daß die Registrierung dieser feinsten Zeitunterschiede im Zentralorgan erfolgt, und zwar, wie Ranke annimmt, im Hirnstamm in den primären Hörzentren zwischen Nucleus cochlearis und Corpus geniculatum mediale. Matzker schreibt in seiner Arbeit "Versuch einer Erklärung des Richtungshörens auf Grund feinsten Zeitunterschiedsgistrierungen": "Sowohl theoretische Überlegungen, elektrophysiologische Untersuchungen am Tier ( Galambos, Stevens und Davis, Neff, Whitfield ), operative Ausschaltungen bestimmter Hirnteile ( Neff, Stevens und Davis ) als auch hörpsychologische Daten, klinische und histologische Befunde ( Matzker, Ruckes, Ranke ) sprechen mit hoher Wahrscheinlichkeit dafür, daß die Funktion des Richtungshörens vorwiegend eine Funktion des Hirnstammes ist. " Somit müssen auch für das normal ablaufende Richtungshören die funktionstüchtigen Hirnstamm-synapsen eine entscheidende Rolle spielen; ein Ausfall eines Teiles der Hirnstammganglienzellen, die die Synapsenträger sind, sollte dann auch folgerichtig zu feststellbaren Leistungsverminderungen führen. Ein solcher Ausfall kann durch die verschiedensten pathologischen Prozesse im Gehirn hervorgerufen werden, wie zum Beispiel durch Tumoren, Entzündungen, Traumen und so weiter; seine Hauptursache stellt aber der physiologische Altersabbau des Gehirns dar. Bisher wurden für verschiedene höhere Hörleistungen tatsächlich derartige Funktionsminderungen bei Hirnstammschäden und bei Altersveränderungen beschrieben: Absinken der oberen Tongrenze ( von Matzker vorwie-

gend als ein Verlust der Fähigkeit zur Demultiplikation und nicht, wie bisher üblich als Folge der Cortiorgandegeneration angesehen), Nachlassen des Tonhöhenunterscheidungsvermögens (König), erschwertes Sprachverständnis beim Hören künstlich verstümmelter Sprache (Bocca) und vor allem Schallstörungen im Hirnstamm bei entsprechendem Binauraltestausfall (Matzker).

Über den in ähnlicher Weise zu erwartenden Zusammenhang zwischen Lebensalter und Richtungswahrnehmung liegen unseres Wissens bisher noch keine Mitteilungen vor. Wenn aber das Richtungshören eine Funktion des Hirnstammes und damit von der Zahl der funktionstüchtigen Ganglienzellen abhängig ist, denen eine außerordentlich wichtige Stellung als Synapsenträger zukommt, und wenn der physiologische Altersabbau diese Zahl dezimiert, dann muß auch folgerichtig mit Zunahme des Lebensalters ein Funktionsverlust auf dem Gebiete der Schallrichtungswahrnehmung zu verzeichnen sein. Wir sind diesen Zusammenhängen experimentell nachgegangen und konnten tatsächlich erstmals eine signifikante Abhängigkeit der Genauigkeit des Richtungshörens vom Lebensalter des Hörenden nachweisen.

#### Eigene Untersuchungen:

Insgesamt wurden von uns 117 Versuchspersonen untersucht, die ein völlig seitengleiches und dem Alter entsprechend normales Hörvermögen aufwiesen. Vor dem eigentlichen Test wurde zunächst das Gehör für Flüstersprache geprüft. Wegen der sehr genau durchgeführten Sprachgehörsprüfung - es wurden nicht nur Zahlen, sondern auch immer mehrsilbige Wörter geprüft - einerseits und der Art der gestellten Aufgabe andererseits wurde auf die Messung der Hörschwellen mit dem Audiometer verzichtet. Alle Versuchspersonen im Alter von 5-60 Jahren mußten ein Gehör von mindestens 10 m Flüstersprache auf jedem Ohr aufweisen. Die Versuchspersonen im Alter von 60-80 Jahren hatten ein im Sinne der Altersschwerhörigkeit leicht herabgesetztes Hörvermögen (bis hinab zu 3 m Flüstersprache auf jedem Ohr). Schwerer hörende Personen und solche, bei denen sich eine Differenz zwischen dem Hörvermögen beider Ohren ergab, wurden in die Versuche nicht miteinbezogen. Die untersuchten Personen gehörten etwa zu gleicher Zahl dem männlichen und dem weiblichen Geschlecht an.

Die folgende Tabelle a gibt eine Übersicht über die Altersverteilung der 117 Versuchspersonen:

|              |                      |
|--------------|----------------------|
| 5 - 15 Jahre | 20 Versuchspersonen  |
| 16 - 20 "    | 21 "                 |
| 21 - 30 "    | 23 "                 |
| 31 - 40 "    | 13 "                 |
| 41 - 50 "    | 11 "                 |
| 51 - 60 "    | 10 "                 |
| 61 - 70 "    | 10 "                 |
| 71 - 80 "    | 9 "                  |
| 5 - 80 Jahre | 117 Versuchspersonen |

Tabelle a

Zur Prüfung des Richtungshörens benutzten wir nicht eine raumakustische Methode, die immer mit gewissen Fehlerquellen, wie Echoeffekten und Klangfarbenveränderungen, belastet ist, falls nicht eine besonders kostspielige Apparatur zur Verfügung steht; vielmehr versuchten wir, alle diese Fehlerquellen von vornherein auszuschalten, indem wir mit künstlich erzeugten, beliebig veränderlichen Laufzeitunterschieden zwischen rechtem und linkem Ohr arbeiteten.

Mit einem Neurotestgerät erzeugten wir elektrische Stöße mit Frequenzen von 15 Stromstößen / sec und 4 Stromstößen / sec. Diese wurden mit einer gleichbleibenden, in beiden Kopfhörern gleichlauten, etwa 50 db betragenden Lautstärke als Clicks hörbar gemacht. Vor das Kopfhörerpaar wurde eine elektrische Verzögerungskette von 36 Gliedern geschaltet. Diese Glieder waren mit einer Drehschaltung gekoppelt, die die jeweilige Einstellung auf einer Skala mit je 14 Teilstrichen rechts und links abzulesen gestattete.

Jedes einzelne Glied der Verzögerungskette besteht aus einer Spule mit einer Induktivität von 36 m Henry und einem Kondensator mit einer Kapazität von 9 000 pF. Die gesamte Kette hat 2 000 Ohm. Die zeitliche Verzögerung läßt sich aus der Wurzel des Produktes der Induktivität und der Kapazität berechnen. Die Wurzel aus  $36 \times 10^{-6} \times 9\,000 \times 10^{-12}$  ist  $18 \times 10^{-6}$ ; das heißt mit anderen Worten, daß ein Glied der Kette eine Verzögerung der Laufzeit von 0,018 msec bewirkt. Da die Kette aus 36 Gliedern besteht, erhalten wir eine Gesamtverzögerung von 0,648 msec. Durch die Drehschaltung ist es nun möglich, die Laufzeit ganz nach Belieben zu variieren. Steht der Zeiger der Skala auf dem Nullpunkt, so kommt das Knackgeräusch in beiden Kopfhörern zu genau gleicher Zeit an. Wird aber der Zeiger zum Beispiel auf den Teilstrich eins der Skala links vom Nullpunkt gerückt, entspre-

chend einer Verzögerung von 0,018 msec, so verzögert sich die Laufzeit des Impulses zum rechten Kopfhörer hin eben um diese 0,018 msec. Bei einer Drehung des Zeigers nach rechts kehrt sich die Laufzeitdifferenz entsprechend um. Die gesamte Laufzeitdifferenz von 0,648 msec wird am Skalenende beiderseits (Teilstrich 14 rechts beziehungsweise links) erreicht. Dabei wächst die Laufzeitdifferenz von Teilstrich zu Teilstrich, wie folgende Tabelle b zeigt.

| Teilstrich | 1  | entspricht | einer | Laufzeitdifferenz | von | 0,018 | msec |
|------------|----|------------|-------|-------------------|-----|-------|------|
| "          | 2  | "          | "     | "                 | "   | 0,036 | "    |
| "          | 3  | "          | "     | "                 | "   | 0,054 | "    |
| "          | 4  | "          | "     | "                 | "   | 0,072 | "    |
| "          | 5  | "          | "     | "                 | "   | 0,108 | "    |
| "          | 6  | "          | "     | "                 | "   | 0,144 | "    |
| "          | 7  | "          | "     | "                 | "   | 0,180 | "    |
| "          | 8  | "          | "     | "                 | "   | 0,234 | "    |
| "          | 9  | "          | "     | "                 | "   | 0,288 | "    |
| "          | 10 | "          | "     | "                 | "   | 0,342 | "    |
| "          | 11 | "          | "     | "                 | "   | 0,414 | "    |
| "          | 12 | "          | "     | "                 | "   | 0,486 | "    |
| "          | 13 | "          | "     | "                 | "   | 0,558 | "    |
| "          | 14 | "          | "     | "                 | "   | 0,648 | "    |

Tabelle b

Somit können die akustischen Reize in ihrem Auftreffen auf rechtes und linkes Ohr gegeneinander um mindestens 0,018 msec und um höchstens 0,648 msec verschoben werden. Diese experimentell hervorgerufenen Laufzeitdifferenzen zwischen rechtem und linkem Ohr entsprechen durchaus den Laufzeitdifferenzen, mit denen ein von der Seite kommender physiologischer Schallreiz wahrgenommen wird, ganz gleich aus welchem Winkel er kommt; denn er trifft infolge des Ohrenabstandes immer beide Ohren mit einer geringen Zeitdifferenz, sofern die Schallquelle nicht in der Medianebene des Kopfes liegt. Somit wurden mit der Versuchsanordnung etwa annähernd physiologische Verhältnisse geschaffen, wenn die künstlich erzeugte Laufzeitdifferenz unterhalb der Grenze von rund 0,62 msec bleibt.

Die Versuche wurden derart durchgeführt, daß der Schall nicht in eine bestimmte Richtung von der Medianebene abweichend lokalisiert werden mußte, sondern es wurde durch Drehen des Schaltknopfes immer der Mitteneindruck eingestellt, das heißt, die Versuchsperson hatte die Aufgabe, die Laufzeitdifferenz zwischen rechts und links möglichst genau zu eliminieren. Bei einem

sehr guten Richtungsgehör deckt sich dann der subjektive Mitteneindruck mit dem Nullpunkt der Skala, während bei geringerer Leistungsfähigkeit des Richtungsgehörs der subjektive und der objektive Nullpunkt mehr oder weniger weit auseinanderrücken. Die Skala war immer mit einer Scheibe zugedeckt, und außerdem wurden die Versuchspersonen so gesetzt, daß der Apparat sich nicht in ihrem Blickfeld befand; sie konnten sich demnach nur nach ihrem Gehör orientieren.

Die folgenden vier Versuche wurden nach vorangegangener Sprachgehörprüfung bei allen 117 Versuchspersonen in der gleichen Reihenfolge durchgeführt.

1. Der Untersucher bediente den Drehknopf, und die Versuchsperson hatte anzugeben, wann sie das Testgeräusch in der Mitte des Kopfes lokalisierte. Bei diesem Versuch wurde mehrmals von beiden Enden der Skala aus zum Nullpunkt hin eingestellt. 15 Knacke pro Sekunde.
2. Die Versuchsperson bediente selbst den Drehknopf und stellte nach mehrmaligem Rechts- und Linksdrehen auf den Mitteneindruck ein. Knackfrequenz ebenfalls 15/sec.
3. Der unter 1. angegebene Versuch wurde wiederholt, jedoch jetzt mit einer Knackfrequenz von 4/sec.
4. Der unter 2. angegebene Versuch wurde wiederholt, ebenfalls nunmehr mit vier Knacken in der Sekunde.

Nach jedem einzelnen Versuch wurde vom Untersucher die Drehknopfstellung abgelesen und schriftlich fixiert, ohne daß die Versuchsperson die Fehlerbreite erfuhr. Für jede Altersgruppe wurde aus den Einzelergebnissen das durchschnittliche Mittel errechnet, die Ergebnisse aus den Versuchen 1. und 2. einerseits und den Versuchen 3. und 4. andererseits wurden jeweils zusammengefaßt. In den Tabellen c und d sind die Ergebnisse der Untersuchungen zusammengefaßt.

| Altersklasse |       | Skalenabweichung | Laufzeitdifferenz |             |
|--------------|-------|------------------|-------------------|-------------|
| 5 - 15       | Jahre | 0,9              | Teilstriche       | 0,0162 msec |
| 16 - 20      | "     | 1,2              | "                 | 0,0216 "    |
| 21 - 30      | "     | 0,8              | "                 | 0,0144 "    |
| 31 - 40      | "     | 1,2              | "                 | 0,0216 "    |
| 41 - 50      | "     | 1,6              | "                 | 0,0288 "    |
| 51 - 60      | "     | 1,8              | "                 | 0,0324 "    |
| 61 - 70      | "     | 2,5              | "                 | 0,0450 "    |
| 71 - 80      | "     | 2,6              | "                 | 0,0468 "    |
| 5 - 80       | Jahre | 1,5              | Teilstriche       | 0,0270 msec |

Tabelle c

Rechnerische Mittel der Fehlerbreite bei Einstellung des Mitteneindrucks.  
Knackfrequenz 15/sec.

| Altersklasse |       | Skalenabweichung | Laufzeitdifferenz |             |
|--------------|-------|------------------|-------------------|-------------|
| 5 - 15       | Jahre | 1,0              | Teilstriche       | 0,0180 msec |
| 16 - 20      | "     | 1,8              | "                 | 0,0324 "    |
| 21 - 30      | "     | 1,2              | "                 | 0,0216 "    |
| 31 - 40      | "     | 1,2              | "                 | 0,0216 "    |
| 41 - 50      | "     | 2,0              | "                 | 0,0360 "    |
| 51 - 60      | "     | 2,3              | "                 | 0,0414 "    |
| 61 - 70      | "     | 2,9              | "                 | 0,0522 "    |
| 71 - 80      | "     | 3,1              | "                 | 0,0558 "    |
| 5 - 80       | Jahre | 1,9              | Teilstriche       | 0,0342 msec |

Tabelle d

Rechnerische Mittel der Fehlerbreite bei Einstellung des Mitteneindrucks.  
Knackfrequenz 4/sec.

In Abbildung 1 und 2 sind die Meßergebnisse in Kurvenform wiedergegeben. Die Abbildung 1 entspricht der Tabelle c, die Abbildung 2 der Tabelle d. Auf der Ordinate ist die durchschnittliche Abweichung vom Skalennullpunkt eingetragen, also die durchschnittliche Laufzeitdifferenz in msec, bei der die Versuchspersonen den subjektiven Mitteneindruck angaben. Aus den Abzissen sind die entsprechenden Altersgruppen abzulesen.

An den Kurven läßt sich eine signifikante Zunahme der Fehlerbreite mit ansteigendem Lebensalter erkennen: das jugendliche Hörorgan nimmt im Gegensatz zum gealterten also noch wesentlich kleinere Laufzeitunterschiede als solche wahr und verwertet sie in einen Richtungseindruck. Nach dem Verlauf der Kurve nimmt die Fehlerbreite mit zunehmenden Lebensalter kontinuierlich zu. Eine Ausnahme bildet lediglich die Altersgruppe von 16-20 Jahren, deren Fehlerbreite etwas größer ist als die der 5-15-jährigen und 21-30-jährigen. Aus den Kurven geht somit eindeutig hervor, daß die besten Leistungen beim Richtungsgehör mit Laufzeitdifferenzen in den ersten vier Lebensjahrzehnten vollbracht werden; bei älteren Versuchspersonen nimmt die Fähigkeit der Wahrnehmung von Laufzeitunterschieden in auffälliger Weise ab.

Bemerkenswert ist ferner der Unterschied zwischen den beiden Kurven der Abbildungen 1 und 2. Das Ohr kann offensichtlich schnellere Impulsfolgen von 15 Knacken pro Sekunde für das Richtungshören besser auswerten als langsamere (4 Knacke/sec). Außer den 31-40-jährigen weisen alle Altersgruppen eine deutlich größere Fehlerbreite bei der langsameren Impulsfolge auf. Dennoch weist aber die Kurve bei der Abbildung 2 fast genau denselben Verlauf wie die der Abbildung 1 auf. Es nimmt also die Feinheit des Richtungsgehörs bei langsamen Frequenzen mit steigendem Alter genau so ab wie bei schnelleren Frequenzen. Diese Befunde bestätigen die immer wieder gemachte Feststellung, daß die Schalllokalisation am besten bei schnell unterbrochenen akustischen Reizen gelingt.

Somit ergänzen sich die Ergebnisse der in dieser Arbeit beschriebenen Versuche sehr gut mit den Ergebnissen anderer Untersucher (siehe oben), und es wird deutlich, daß darüber hinaus auch die Fähigkeit der Richtungs-wahrnehmung mittels feinsten Laufzeitunterschiede dem physiologischen Altersabbau unterworfen ist. Da die Ganglienzellen des Hirnstammes, die als Synapsenträger anzusehen sind, nur eine bestimmte Lebensdauer haben, und da bekanntlich die Ganglienzellen vom Körper nicht regeneriert zu werden vermögen, muß sich im Laufe des Lebens die Gesamtzahl der funktionstüchtigen Hirnstammzellen stetig verkleinern. Gleichzeitig werden damit auch die dem zentralen Hörorgan zur Verfügung stehenden Synapsen, die die Basis der höheren Hörleistungen darstellen, vermindert. Es versteht sich von selbst, daß infolge dieses Ganglienzellunterganges auch die an das Funktionieren dieser betreffenden Zellen gebundenen Hörleistungen leiden werden. Während für die Demultiplikation, die Tonhöhenunterscheidung, die zerebrale Zusammenschaltung beider Seiten und

das Verstehen künstlich verstümmelter Sprache solche Funktionsverluste im Alter bereits belegt worden sind, machte das Richtungsgehör davon anscheinend bisher eine Ausnahme. Unsere hier vorgelegten Untersuchungen weisen nun erstmals auch für die Funktion des Richtungshörens mittels Laufzeitdifferenzen zwischen rechtem und linkem Ohr eine altersbedingte Leistungsabnahme nach, die nur als Folge eines Ganglienzellunterganges im Hirnstamm gedeutet werden kann.

### Zusammenfassung:

Nach einer kurzen Übersicht über die Theorien der Schallrichtungswahrnehmung werden in dieser Arbeit Versuche beschrieben, in denen die Registrierung von feinsten binauralen Laufzeitunterschieden, die als Richtungseindrücke umgewandelt werden, in Abhängigkeit vom Lebensalter untersucht wird. An 117 Versuchspersonen aller Altersklassen wurden die Treffsicherheit des Richtungsgehörs geprüft. Die Messung erfolgte mit Hilfe elektrisch erzeugter Laufzeitunterschiede zwischen der Reizankunft am rechten und linken Ohr. Die Versuchspersonen hatten den Mitteneindruck einzustellen, also die Laufzeitunterschiede möglichst zu eliminieren. Aus der Diskrepanz des subjektiv eingestellten und des objektiven Nullpunktes konnte die Genauigkeit der Zeitunterschiedsregistrierung bei den einzelnen Versuchspersonen gemessen werden. Die Befunde ergaben, daß diese Genauigkeit der Registrierung der Zeitunterschiede in den ersten vier Lebensjahrzehnten fast gleichbleibend gut ist, um dann mit steigendem Lebensalter einer stetig größer werdenden Fehlerbreite Platz zu machen. Damit wurde erstmals auch eine Beteiligung des Richtungshörens am physiologischen Altersabbau nachgewiesen. Diese Befunde werden als Folge einer Degeneration der Ganglienzellen im Hirnstamm gedeutet.

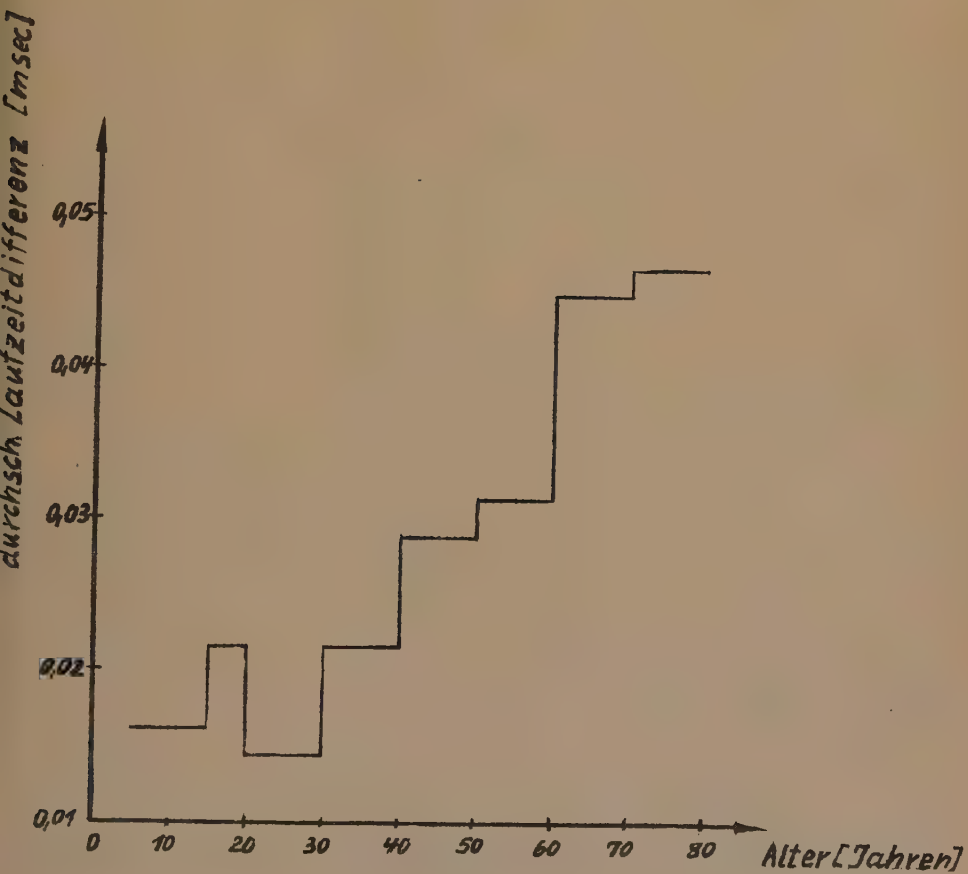


Abbildung 1

Wert < 0,01 (nicht eingezeichnet)

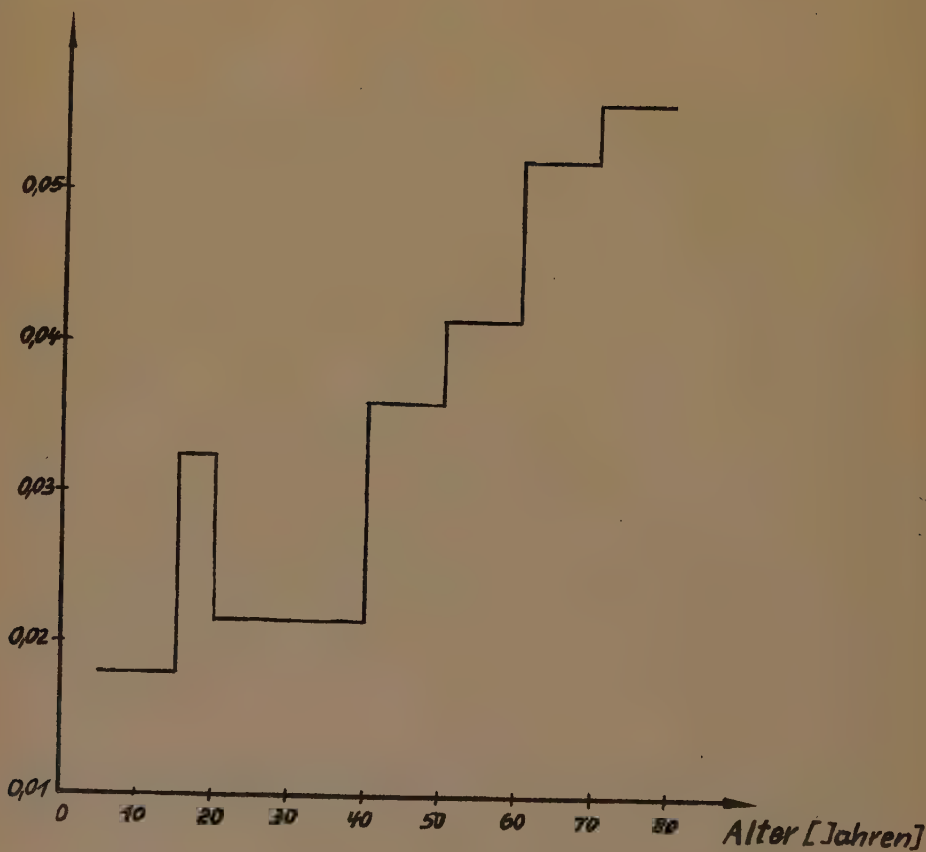


Abbildung 2

# SCHRIFTTUM

- Agazotti, A.: Arch.di Fisiol. 19, H. 1;  
 derselbe: Ber.Physiol. 9, S. 280;  
 Albrecht, Engelhardt: Z.Biol. 105, S. 174-180, (1952);  
 Allers, R.: Mschr.Ohrenheilk. 58, H.5;  
 derselbe: Psyche (London) 3, Nr. 2, S. 161-163, (1922);  
 derselbe: Ber.Physiol. 29, S. 537;  
 Allers und Bèñesy: Z.Neur. 76, H. 1/2, S. 18-41, (1922);  
 Allers und Schmiedeck: Psychol.Forsch. 6, H. 1/2;  
 Banister, H: Brit.journ.of psychol. 13, H. 4, S. 435-436, (1923);  
 derselbe: Brit.journ.of psychol. 15, H. 11, S. 80-81, (1924);  
 derselbe: Brit.journ.of psychol. 17, H. 2, S. 142-153, (1926);  
 derselbe: Ber.Physiol. 28, S. 113 und 294;  
 derselbe: Ber.Physiol. 39, S. 117;  
 derselbe: Ber.Physiol. 42, S. 832;  
 derselbe: Amer.J.Psychol. 38, Nr. 3;  
 Bard, L.: Arch.internat.Laryng.etc. 1. Nr. 6;  
 derselbe: Arch.internat.Laryng.etc. 8, Nr. 402, (1929);  
 derselbe: Ber.Physiol. 53, S. 112;  
 derselbe: Ber.Physiol. 18, S. 136;  
 derselbe: Ber.Physiol. 10, S. 428;  
 derselbe: J.Physiol.et Path.gen. 19, Nr. 2;  
 Bayroff, A.G.: Ber.Biol. 26, S. 69;  
 Beatty, R.T.: Ber.Physiol. 73;  
 Bèkèsy, G.v.: Elektr.Nachr.Techn. 12, (1935);  
 derselbe: Ann.Physique, V.F. 15, S. 51, (1932);  
 derselbe: Physik.Z. 30, S. 721, (1929);  
 derselbe: Physik.Z. 31, S. 824 und 854, (1930);  
 derselbe: Physik.Z. 34, S. 577-582, (1933);  
 derselbe: Ber.Physiol. 53, S. 792;  
 Bentley, M.: Arch of Otolaryng. 10, S. 282, (1929);  
 derselbe: Ber.Physiol. 52, S. 739;  
 Bernovits, M.: Mschr.Ohrenheilk. 70, S. 984-986, (1936);  
 Bocca, E.: Fisiologia, Fisipatologia e Diagnostica clinica delle  
 sordida retrococleari, Milano 1956;  
 Bogolewski, N.: Arch.sovet.Otol.i.t.d., Nr. 1, S. 321-361, (1935);  
 Bonacini, C.: Arch.di Fisiol. 32;  
 derselbe: Ber.Physiol. 77, S. 154;

- Bonanin, A.: Ann. Mal. Oreille 48, S. 335, (1929);  
derselbe: Ber. Physiol. 52, S. 148;  
Boring, E.: Amer. I. Psychol. 37, Nr. 2, (1926);  
derselbe: Ber. Physiol. 38, S. 847;  
Brunzlow: Z. Sinnesphysiol. 56, H. 5-6, S. 326-336, (1925);  
derselbe: Hals-Nasen-Ohrenarzt 30 I, S. 1, (1939);  
Casella, B.: Giorn. Med. mil. 83, S. 123;  
derselbe: Ber. Physiol. 87, S. 158;  
Christian, W. und Röser, D.: Z. Laryng. 36, S. 431. (1957);  
Dimnick, Gaylord: J. of exper. Psychol. 17, S. 593;  
derselben: Ber. Physiol. 82, S. 649;  
Doevenspeck, H.: Z. Sinnesphysiol. 58, H. 6, (1927);  
Duyff, Gemert, Schmidt, P.:  
Acta physiol. et pharmacol. Neerl. (Amsterdam) 1,  
S. 540-561, (1950);  
Eccles, J. C.: The neurophysiological basis of mind. Oxford 1953;  
Engelmann, W.: Z. Psychol. 105, H. 5/6, (1928);  
Frisch, v. und Dijkgraaf: Ber. Physiol. 94, S. 229;  
Frey, Thornten: Physik. Z. 23, Nr. 14;  
Galambos, R.: Ann. of Otol. (St. Louis) 66, S. 946-950, (1957);  
Gatscher, S.: Mschr. Ohrenheilk. 57, H. 11, S. 503-505, (1923);  
derselbe: Wien. klin. Wschr. 37, Nr. 30, S. 731-732, (1924);  
Gilse, V. und Roelffs: Acta otolaryng. (Stockh.) 14, (1930);  
Goldstein K.: Psychol. Forsch. 8, H. 3/4;  
Rosenthal, O.:  
derselben: Ber. Physiol. 39, S. 861;  
Güttich, A.: Klin. Wschr. 137 I, S. 115;  
derselbe: Arch. Ohr-usw. Heilk. 122, S. 107, (1929);  
derselbe: Arch. Ohr-usw. Heilk. 142, S. 139;  
derselbe: Arch. Ohr-usw. Heilk. 146, S. 293-301, (1939);  
derselbe: Arch. Ohr-usw. Heilk. 147, S. 5-7, (1940);  
derselbe: Forschung und Fortschritt 12, S. 327-328, (1936);  
Gundlach, R.: J. of exper. Psychol. 12, S. 187, (1929);  
derselbe: Ber. Physiol. 51, S. 790;  
Halverson, H. M.: Psychologic. Monogr. 31, Nr. 1, S. 7-29, (1922);  
Hartley, Frey: Psychologic. Rev. (2) 17, Nr. 4;

- dieselben: Ber.Physiol. 9, S. 280;  
 Hecht, H.: Naturwissensch. 10, H. 5, S. 107-113, (1933);  
 derselbe: Naturwissensch. 11, (1923);  
 Holt-Hansen, K.: Z.Psychol. 120, S. 209, (1931);  
 derselbe: Ber.Physiol. 61, S. 767;  
 Hornbostel, E.v.: Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. 11, S. 602;  
 derselbe: Psychol.Forsch. 4, S. 64;  
 derselbe: Psychol.Forsch. 6, S. 425;  
 Hornbostel, E.v. Sitzungsber.preuß.Acad.d.Wiss., physik.-math.Kl.,  
 Wertheimer: S. 388, (1920);  
 James, H.E.O.: Lond.His.Maj.Off. 12, (1936);  
 derselbe: Ber.Physiol. 96, S. 275;  
 James, Massey: Lond.His.Maj.Off. 9, (1932);  
 dieselben: Ber.Physiol. 70, S. 572;  
 Katz, D.: Z.Hundeforsch. 2, S. 11, (1932);  
 derselbe: Ber.Physiol. 68, S. 166;  
 Keller, H. Ber.Biol. 25, S. 676;  
 Brückner, G.H.:  
 Keen, I.A.: J.of laryngol.otol. 40, Nr. 6, S. 363-368, (1925);  
 Kester, P.: Psychol.Forsch. 8, H. 1/2;  
 Kiefer, M.: Arch.f.Psychol. 42, H. 3/4;  
 Kietz, H.: Acustica (Zürich) 3, S. 73-86, (1953);  
 derselbe: Z.Laryng. 31, S. 91-94, (1952);  
 derselbe: Z.Laryng. 36, S. 241-253, (1957);  
 Klemm, O.: Arch.f.Psychol. 40, H. 3/4;  
 derselbe: Ber.G exper.Psychol. 1914, S. 169;  
 Klensch, H.: Pflügers Archiv 250, S. 492-500, (1948);  
 derselbe: Naturwissensch. 36, S. 145-149, (1949);  
 König, E.: Acta Otolaryng. (Stockh.) 48, S. 475-489, (1957);  
 König, G. und Arch.Ohr. usw. Heilk. 167, S. 307-313, (1955);  
 Sussmann, W.:  
 Kraus, M.: Mschr.Ohrenheilk. 85, S. 64-65, (1951);  
 derselbe: Arch.Ohr. usw. Heilk. 157, S. 301-319, (1950);  
 derselbe: Arch.Ohr. usw. Heilk. 167, S. 301-303, (1955);  
 Kreidl, A. und Pflügers Archiv. 200, S. 366, (1923);  
 Gatscher, S.:  
 dieselben: Handb.d.Neurol. 1, S. 407;  
 dieselben: Naturwissensch. 2, H. 18, S. 337-338, (1923);

- Krejci, F.: Arch.Ohr. usw. Heilk. 165, S. 344-346, (1954);  
 Kunze.: Physik.Z. 22, S. 649, (1922);  
 Langenbeck: Z.Hals usw. Heilk. 34, S. 250, (1933);  
 derselbe: Z.Hals usw. Heilk. 40, S. 249, (1937);  
 Leisse, O.: Arch.Ohr usw. Heilk. 114, S. 118-128, (1925);  
 Lo Surdo: Atti Acad.naz.Lincei 30, H. 4;  
 derselbe: Ber.Physiol. 9, S. 280;  
 Marx, W. und H.: Beitr.Anat. usw. Ohr. usw. 16, S. 32, (1921);  
 Matzker, J.: Arch.Ohr usw. Heilk. 169, S. 373, (1956);  
 derselbe: Arch.Ohr usw. Heilk. 167, S. 307, (1955);  
 derselbe: Arch.Ohr usw. Heilk. 171, S. 371, (1958);  
 Matzker, J.: Z.Laryng. 33, S. 296, (1954);  
 derselbe: Z.Laryng. 33, S. 546, (1954);  
 derselbe: Z.Laryng. 36, S. 177, (1957);  
 derselbe: Z.Laryng. 37, S. 167, (1958);  
 derselbe: Versuch einer Erklärung des Richtungshörens auf  
 Grund feinsten Zeitunterschiedsregistrierungen.  
 (erscheint demnächst);  
 Matzker, J. und  
 Ruckes, J.  
 Meyer, E.: Dtsch.Med.Wschr. 82, S. 2187, (1957);  
 Handbuch der Physik Bd. 8 Akustik, S. 524 und  
 538;  
 derselbe: Elektrotechn.Z. 46, S. 805;  
 Meyer zum  
 Gottelberge: Arch.Ohr usw. Heilk. 147, S. 219, (1940);  
 Meurmann, Y.: Acta Otolaryng. (Stockh.) 44, S. 542-555, (1954);  
 Möhres, F.P.: Verh-Dtsch.Zool.Gesellsch. 1951, S. 170;  
 Monjé, M.: Z.Sinnesphysiol. 66, S. 7-22, (1935/36);  
 Myers, C.S.: Proc.Roy.Soc.Lond., Ser. B 88, (1915);  
 Neff, W.D.: Laryngoskope 61, S. 289-295, (1951);  
 Papale, R.: Folia med. 9, Nr. 8, S. 300-304, (1923);  
 Pearcey, C.H.: J.gen.Psychol. 16, S. 131;  
 derselbe: Ber.Physiol. 61, S. 411;  
 Pietrantoni, L.: Suppl. X Giorn.Gerontologia, 1956;  
 Preyer: Arch.f.Physiol. 40, S. 596, (1887);  
 Ranke, O.: Physiologie des Gehörs, Springer Verlag 1953;  
 Rauch, M.: Mschr.Ohrenheilk. 56, H. 3, S. 176-187, (1922);  
 Rawdon-Smith, Brit.J.Psychol. 26, S. 191;  
 Grindley

- dieselben: Ber.Physiol. 90, S. 373;  
Retjö. A: Mschr. Ohrenheilk. 65. S. 959, (1931);  
Révész: Acta Psychol. (Haag) 3, S. 137;  
derselbe: Ber.Physiol. 104, S. 635;  
Rosée, Graf de: Z.Laryng. 32, S. 414, (1953);  
Rucknick, C.A.: Psychologic. Monogr. 41, Nr. 4, (1931);  
derselbe: Ber.Physiol. 63, S. 669;  
Sakby, J. Gage, F.W.: Lond. His Maj. Off. 9, S. 51, (1932);  
dieselben: Ber.Physiol. 70, S. 572;  
Schober, F.W.: Akustische Beil. 1952, S. 219-224;  
Schwarzkopf, J.: Physiol. 32, S. 319-327, (1950);  
derselbe: Physiol. 34, S. 46-68, (1952);  
Seashore, C.E.: Physiologic. Monogr. 31, Nr. 1;  
derselbe: Ber.Physiol. 15, S. 116;  
Skramlik, E.v.: Naturwissensch. 13, H. 7, S. 118-123, (1925);  
derselbe: Naturwissensch. 13, H. 8, S. 155-165, (1925);  
derselbe: Z.Biol. 106, S. 234-289, (1953);  
Söderberg: Arch. Ohrenheilk. 129, S. 335, (1931);  
Stefanini, A.: Arch. ital. Otol. 33, H. 3, S. 155-165, (1922);  
derselbe: Arch. ital. Otol. IV.s., S. 49, ;  
derselbe: Ber.Physiol. 102, S. 618;  
Stevens, S.S. Davis, N: Hearing, New York 1954;  
Stevens, S.S. Proc. nat. Acad. Sci. USA 20, S. 593, (1934);  
Newman, E.B.:  
dieselben: Amer. J. Psychol. 48, S. 297;  
Stewart, G.W.: Proc. nat. Acad. Sci. USA 6, S. 166;  
derselbe: Psychologic. Rev. (2) 15, Nr. 3;  
derselbe: Psychol. Monogr. 31, Nr. 1;  
derselbe: Ber. Physiol. 6, S. 118;  
derselbe: Ber. Physiol. 10, S. 114;  
derselbe: Ber. Physiol. 15, S. 117;  
Tifonow, P.I.: Vestn. Otol. i. t. d., Nr. 4, S. 76-81, (1939), (russ);  
Trimble, O.C.: Psychologic. Rev. 35, S. 515, (1928);  
derselbe: Amer. J. Psychol. 41, S. 564, (1929);  
derselbe: Amer. J. Psychol. 48, S. 638, (1931);  
derselbe: Amer. J. Psychol. 47, S. 264;  
derselbe: Ber. Physiol. 48, S. 691;  
derselbe: Ber. Physiol. 56, S. 787;  
derselbe: Ber. Physiol. 65, S. 291;

- derselbe: Ber. Physiol. 89, S. 154;  
Tucker, W. S.: Proc. Roy. inst. Great Britain 29, S. 262;  
derselbe: Ber. Physiol. 101, S. 319;  
derselbe: Ber. Physiol. 54, S. 515;  
derselbe: J. Laryng. a. Otol. 44, S. 812;  
Upton und Morgan: Proc. nat. Acad. Sci. USA 22, S. 417-420, (1936);  
dieselben: Ber. Physiol. 96, S. 119;  
Veits, C.: Z. Hals-usw. Heilk. 14, H. 1/2, S. 269-296,  
(1926);  
derselbe: Z. Hals-usw. Heilk. 39, S. 64, (1936);  
Waechter: Diss. Kiel 1937;  
Wallach, H.: Psychol. Forsch. 22, S. 238-266, (1936);  
derselbe: J. of exper. Psychol. 27, S. 339-368, (1940);  
Willey, Pearce: Ber. Physiol. 102, S. 618;  
Young, P. J. O.: J. of exper. Psychol. 14, S. 95, (1931);  
derselbe: Ber. Physiol. 62, S. 389;

Für die freundliche Unterstützung , die mir bei der Anfertigung meiner Arbeit gewährt wurde, möchte ich mich an dieser Stelle besonders bei Herrn Prof. Dr. Leicher, Herrn Privatdozenten Dr. Matzker, Herrn Privatdozenten Dr. Schiffer und bei den Herren vom Fernmeldetechnischen Zentralamt der Bundespost in Darmstadt, Herrn Ing. Heyse und Herrn Ing. Geipel bedanken.



## LEBENS LAUF

Am 4. September 1934 wurde ich als zweiter Sohn des Chefarztes Dr. Arthur Springborn und dessen Ehefrau Elisabeth geb. Kohlhasse in Stettin geboren. 1940 wurde ich in die Volksschule Stettin-Frauendorf eingeschult. Ab 1943 besuchte ich dann die Scheffelschule in Königsberg/Pr., und 1944 kam ich auf das Gymnasium in Pasewalk. Nach dem Tode meines Vaters 1945 siedelte meine Familie nach Rathenow/H über, und dort besuchte ich die Oberschule, an der ich 1953 mein Abitur ablegte. Im Oktober des gleichen Jahres begann ich das Studium der Medizin an der Humboldt-Universität in Ost-Berlin. Während des Physikums 1955 mußte ich Ost-Berlin verlassen und beendete das Physikum in Mainz nach 5 Semestern Vorklinik. Im WS 1956/57 nahm ich das klinische Studium in Mainz auf und gedenke hier das Staatsexamen nach dem SS 1959 zu absolvieren.





